

전신진동운동이 드랍랜딩점프 동작에 미치는 영향

홍수연¹, 장영관^{2*}, 김진현³

¹(주)인터오션, ²강원대학교 산업경영공학과, ³제주국제대학교 스포츠재활학과

Effect of Whole Body Vibration Training in Drop Landing Jump

Su-Yeon Hong¹, Young-Kwan Jang^{2*}, Jin-Hyun Kim³

¹Interocean Co., Ltd, ²Kangwon University,

³Jeju International University, Dept. of sports Rehabilitation

요약 연구목적 본 연구의 목적은 전신진동운동(whole body vibration exercise)이 드랍랜딩점프(drop landing jump) 동작에 미치는 영향을 규명하는 것으로 진동운동그룹(n=5, VEG, Vibration Exercise Group)과 단순운동그룹(n=5, OEG, Only Exercise Group)을 4주 동안 트레이닝 시킨 후 운동 전과 운동 4주 후 변화를 비교 분석하였다. 실험방법 3차원 영상 데이터는 10개의 적외선카메라(Vicon, UK)를 샘플링 율, 100 Hz를 사용하여 획득하였으며, 하지 관절의 파워는 2대의 지면반력기(AMTI, USA)를 샘플링 율 1000Hz로 데이터를 획득 하였다.

연구결과 첫째, 무게중심의 변동성은 하강국면에서 가장 크게 나타나 점프 후 착지 시 상해위험성이 큰 것으로 나타났다. 둘째, 진동운동그룹은 훈련기간에 관계없이 단순운동그룹보다 점프높이가 증가하였다. 셋째, 운동그룹간의 관절파워가 4주 훈련 후 엉덩관절 P1(굴곡)과 무릎관절 P2(신전)에서 통계적으로 유의한 차이를 보였으나, 훈련기간에 따른 하지의 관절파워는 모든 국면과 운동그룹에 관계없이 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 결론 훈련기간에 관계없이 진동과 운동을 병행한 진동운동그룹이 운동만을 수행한 단순운동그룹보다 점프높이에 증가를 가져왔으나 점프높이와 하지의 관절 파워와의 일관성 규명할 수 없었다.

Abstract Objective: This study was conducted to investigate the effects of WBVE on biomechanical factor analysis of drop landing jumps before and after a four week training program. Methods: Participants were divided into two group: VEG (n=5, age: 25.7±2.3 yrs, height: 170±7.6 cm, weight: 69.3±8.3 kg) and OEG (n=5, age: 24.6±3.4 yrs, height: 164±4.9 cm, weight: 58.8±9.2 kg). Ten infrared cameras (Vicon, UK) with a sampling rate of 100 Hz were used in two GRF measurement systems (AMTI, USA). Results: The variability of the center of mass was largest at the falling phase, and there was a great risk of injury when landing after the jump. Second, the jumping heights of the VEG (vibration exercise group) were higher than those of the OEG (only exercise group), regardless of training period. Third, there were significant differences in the hip joint P1 (flexion) and knee joint P2 (extension) between the exercise groups after 4 weeks of training. However, there were no significant differences among training periods or phases. Conclusion: regardless of training periods, the VEG showed increased jump height compared with the OEG, but the consistency between the jump height and the lower joint power could not be determined.

Keywords : CoM, drop landing jump, jump height, joint power, whole body vibration exercise

2016년도 강원대학교 대학회계 학술연구조성비로 연구하였음(관리번호-620160048)

*Corresponding Author : Young-Kwan Jang(Kangwon Univ.)

Tel: +82-10-3470-6585 email: ykjang@kangwon.ac.kr

Received February 1, 2018

Revised February 23, 2018

Accepted March 9, 2018

Published March 31, 2018

1. 서론

전신진동운동(whole body vibration exercise)이 우리나라에 처음 소개된 것은 2002년 월드컵 당시 네덜란드에서 히딩크 감독이 진동운동기구를 가져와 국가대표 선수들의 파워와 근력을 강화시키는 프로그램에 기구를 적용시키면서 부터이다. 특히, 이 기구는 운동기능 향상뿐만 아니라 에너지 대사 및 혈류량을 증가시켜 신체에 긍정적인 영향을 준다는 연구들이 보고되면서부터 전신진동운동이 주목을 받기 시작하였다[1],[2].

대부분의 전신진동운동은 진동자극이 중추신경계(central nervous system)를 통하여 척수 반사를 촉진시키는 긴장성 진동반사(Tonic Vibration Reflex)로 진동기 위에 서서 전신으로 진동을 받음으로써 근육의 원위부인 건(tendon), 근복(muscle belly), 근방추(muscle spindle) 모두를 자극한다. 따라서 지속적인 수축 정보를 척수(spinal cord)로 전달하게 되며, 이를 통해 근육의 수축과 이완을 유도해 근신경을 예민하게 만들어 근육의 반응속도를 증가시켜주고, 근신경계를 활성화 시켜준다.

현재 진동운동 연구는 진동을 이용하여 중력에 의한 근 위축, 심혈관계-면역체계 변화, 골밀도 감소, 근력감소, 노화로 인한 골다공증, 가동성저하, 균형능력 감소 등을 해소하기 위한 하나의 방법으로 개발되고 있으며, 1960부터 1970년에는 높은 대역의 주파수를 이용하여 근다발의 움직임은 보는 연구가 진행되었으며, 그 이후 동물과 인간에게 적용하여 건과 근복의 움직임을 연구하기 시작했다[3].

선행연구를 살펴보면, 진동운동 진폭4mm, 진동 30Hz으로 8개의 동작을 수행한 후 진동처치그룹과 통제그룹을 비교한 연구에서 동작에 따라 진동에 반응하는 근육이 달랐으며[4], 주파수와 진동속도에 따라서도 운동 결과에 영향을 준다[5].

또 다른 연구에서는 훈련을 하지 않은 비숙련자 15명을 대상으로 동일한 진폭에서 저주파수(20Hz.)와 고주파수(40Hz.) 5분간 진동운동 트레이닝을 한 후 저주파수에서 대퇴이두근의 굴곡(10%)과 스쿼트 점프(4%)가 각각 증가하였으나, 고주파수의 경우 스쿼트점프(-3.8%)와 카운터 무브먼트 점프(-3.6%)는 감소하였고[6], 9분간 진동운동 처치 전·후를 측정한 결과 대퇴사두근과 비복근의 혈류속도가 유의하게 증가하였으며[7], 진동운동을 통해 산소 소비와 혈액순환이 증가되고 근육 내부의 온

도와 탄력성을 증가시켰다[8].

한편 레저운동으로 훈련된 남자 대학생을 주파수 30Hz, 진폭 3.5mm으로 설정하여 진동운동집단(10명)과 일반집단(9명)을 실험기간 동안 (Pre), 운동 후 즉시(Imm Post), 운동 후 8분(8-Min Post), 운동 후 16분(16-Min Post)에서 장단지세갈래근의 등척성 최대 자발적 수축(MVC)과 경골 신경의 전기적 자극을 측정한 결과 WBV 집단은 운동직후(Imm Post)와 8분후(8-Min Post)에서 최대힘을 증가시켰다. 그러나 통제집단의 운동 직후, 8분 후, 16분 후에서 평균근전도, Hmax/Mmax 비율 그리고 힘 발현 비율에 대해 유의하지 않으므로 진동운동을 이용한 정적 스쿼트 운동은 운동 후 최대 8분 까지 근육 힘을 증가 시키므로 시합 직전 선수의 근육 힘을 급격히 증가하는 방법으로 사용하는 것이 타당하다[9].

선행연구를 종합해보면, 진동기를 통한 자극은 근육의 길이가 변화되는 동안 골지건 기관(golgi tendon organ)을 흥분역치 상태로 만들어 더 많은 운동 단위(motor unit)를 동원하여 근과위를 증가시키며[9], [10], 이러한 긴장성 진동반사를 이용한 트레이닝은 대부분 고유수용기(proprioceptor)를 발달시키고 약해진 근육과 안정근(stabilizer)의 발달을 도모하고[11], [12], 근신경 및 스포츠 재활 트레이닝이 가능하다[13], [14].

본 연구에 측정된 드랩랜딩점프 동작은 스포츠의 기본 기술 일 뿐만 아니라 하지 근육의 근과위를 설명하기에 좋은 동작이다[15]. 하지만 착지 동작의 형태에 따라 관절에 서로 다른 부하를 주기 때문에 착지 형태를 고려하는 것이 중요하다[16]. 특히, 착지 동작의 자유낙하에서 관찰되는 착지 속도는 떨어질 때 점프 높이에 비례하기 때문에 회전력의 최고치(peak)에도 영향을 주며[17], 착지 시 주동 다리(dominant leg)의 여부에 따라 접지시간과 지면반력의 차이가 있기 때문에[18] 양쪽 발이 동시에 착지를 하도록 통제하여야 한다.

지금까지 전신진동운동은 진동기의 저주파 상태에서 특정동작을 대상으로 한 횡단연구가 주류를 이루고 있어서 여러 동작으로 구성된 훈련프로그램을 일정기간(4주간) 수행한 후에 동작의 퍼포먼스에 대해 측정된 연구는 거의 미진하며, 부상발생이 큰 동작이므로 본 연구는 4주 동안 전신진동운동 훈련이 드랩랜딩점프 동작에 미치는 영향을 규명하고자 한다.

2. 본론

2.1 연구방법

2.1.1 연구대상

하지 관련 질환 혹은 수술경험이 없는 K대학교 학생 중 우세발에 따른 차이를 제거하기 위하여 우측 우세발 대상자 10명을 선정하여 2그룹으로 나누어 진동운동그룹, VEG(vibration exercise group) 5명과 단순운동그룹, OEG(only exercise group) 5명으로 무선배정 하였고 대상자의 특성은 <table 1>과 같다.

Table 1. Physical characteristics of subjects (M±SD)

section	height (cm)	weight (kg)	age (yr)
VEG(n=5)	170.7±7.6	69.3±8.3	25.7±2.3
OEG(n=5)	164.4±4.9	58.8±9.2	24.6±3.4

2.1.2 실험설계 및 절차

실험 대상자들에게 실험 목적, 실험 시 주의사항과 실험동작 관련된 제반사항을 설명하고 실험 참여와 자료제공 동의서에 서명을 받은 후 실시하였다.

운동 수행 시 진동효과를 검증하기 위해서 진동 운동을 수행한 그룹은 진동운동그룹(VEG, 처치그룹)과 진동 없이 운동만 수행한 그룹은 단순운동그룹(OEG, 통제그룹)으로 설정하였으며 훈련 전과 4주 운동 프로그램이 종료한 후 2차례 측정하였다.

운동 프로토콜은 <table 2>와 같은 Performance Health Systems의 Power Plate 하지운동으로 운동시간은 1회 당 30분, 주 3회, 4 주간 진행 하였다.

Table 2. Training protocol

Training program							
Partial exercise	name of the exercise	1set level	1set repeat	2set level	2set repeat	3set level	3set repeat
lower	Half squat	1	10	3	10	6	10
	Full squat	1	10	3	10	6	10
	Lunge(R/L)	1	10	3	10	6	10
	Calf raise	1	10	3	10	6	10
	Wide squat	1	10	3	10	6	10

5min stretching	20min (vibration exercise)	5min stretching	drop landing jump
-----------------	----------------------------	-----------------	-------------------

5min stretching	20min (only exercise)	5min stretching	drop landing jump
-----------------	-----------------------	-----------------	-------------------

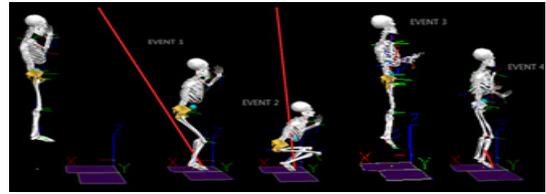


Fig. 1. experimental design and drop landing jump

실험에 사용된 수직 진동기는 바디그린사(대만)의 프로테우스로 6단계 주파수에 따라 운동강도가 1G가 넘지 않도록 자동으로 진폭이 조절이 가능한 것으로 본 연구에서는 1셋트 1레벨(4Hz), 2셋트 3레벨(6Hz), 3셋트 6레벨(9Hz)로 설정하고 5개 동작을 10회 씩 반복하였다.

실험 국면 및 이벤트는 <figure 1>과 같고 발이 바닥에 닿는 시점(E1)부터 고관절과 무릎관절이 최소각인 시점(E2) 까지를 추진국면(P1), 고관절과 무릎관절이 최소각인 시점(E2)부터 발끝의 높이가 최대인 시점(E3)까지 상승국면(P2), 발끝의 높이가 최대인 시점(E3)부터 발이 땅에 닿기 시작하는 시점(E4)까지를 하강국면(P3)으로 정의 하였다.

2.1.3 측정항목 및 방법

점프대의 점프 스타트 라인은 점프대 전방 끝라인에 발가락 끝을 일치시키도록 하였으며, 점프대 높이는 45cm로 통제하였다. 그리고 최대한 자연스러운 스텐스 자세에서 반동없이 지면반력기에 표시된 낙하지점에 낙 하하며 착지 후 재도약을 위하여 최대한 발바닥 앞이 접지하도록 하고 오류 수행 회수는 제외하고 5회 측정 하였다.

이때 영상 및 지면반력 자료는 Vicon MX-T40 적외선 카메라(VICON Motion System Ltd, UK) 10대와 OR6-7 지면반력기(AMTI, USA) 2대를 동조하여 자료를 획득하였다.

인체 강체모델은 Vicon에서 제공하는 마커셋 모델, 플러그 인 게이트(Plug in gait)를 사용하였으며, 2차원 자료를 동작분석 통합시스템(Vicon, MK Giganet)과 소프트웨어(Nexus, VICON Motion System Ltd, UK)로 저장 한 후 3차원 자료를 변환하였다. 2차 저역통과 필터(Low pass filter)를 사용하여 노이즈를 제거한 후 자료를 획득하였으며, 응용 소프트웨어 Visual 3D를 이용하여 연구변인을 산출하였다. 드랩랜딩점프 동작의 퍼포먼스를 평가를 위하여 무게중심의 위치변화(변동성), 점

프릭 및 관절회전 순발력을 연구변인으로 하였으며 이에 상응하는 파라미터로서 질량중심(CoM)의 범위의 변이 계수(CV), 점프높이와 모멘트의 생성과 관련된 국면1, 2의 하지관절 굴곡과 신전과워(joint power)를 선정하였다.

2.1.4 자료처리

각 실험대상자의 자료를 가지고 질량중심(CoM)의 범위와 점프높이의 평균, 표준편차와 변이계수(coefficient of variation)산출하였다. 그리고 진동기 사용 유무와 훈련전후에 따른 관절과워의 효과를 검증하기 위하여 SPSS 2.00(IBM, USA)의 독립 t-test와 종속 t-test를 사용하였으며 통계치의 유의수준은 .05로 설정하였다.

3.1 결과 및 논의

3.1.1 질량중심의 범위(CoM)

질량중심의 범위에 대한 기술통계량 결과는 <Table 3>과 같다.

훈련프로그램 실시 좌/우 국면1(P1)에서 진동운동그룹(VEG)의 좌우 무게중심 범위 차이는 실시 후 약 1cm, 변동계수는 8%증가하였으나 단순운동그룹(OEG)은 차이를 보이지 않았다. 그리고 국면2(P2)에서 진동운동그룹(VEG)의 좌우 무게중심 범위 차이는 실시 후 약 1cm 감소하고 변동계수는 40% 증가하였으나 단순운동그룹(OEG)은 차이를 보이지 않았다. 또한 국면3(P3)에서 진동운동그룹(VEG)의 좌우 무게중심 범위 차이는 없으나 변동계수는 50% 증가하고 단순운동그룹에서는 실시 후 좌우 무게중심 범위 차이가 1cm, 변동계수는 17% 증가하였다. 4주 후 진동운동그룹과 단순운동그룹의 좌우무게중심 범위는 1cm이하이고 변동성은 모든 국면에서 진동운동그룹이 크게 나타났다. 이는 진동(동적)상태에서 훈련한 후 대상동작을 수행한 것은 평지(정적)상태보다도 변동성이 많음을 시사하며 근신경계의 여러 복합요인들이 안정상태로 회복되지 않은 상태이기 때문이라고 판단된다.

운동프로그램 실시 전/후 국면1에서 진동운동그룹(VEG)의 전후 무게중심 범위 차이는 없었으며, 변동계수는 100% 감소하였으나 단순운동그룹(OEG)은 차이를 보이지 않았다. 그리고 국면2에서 진동운동그룹(VEG)의 좌우 무게중심 범위 차이는 실시 후 약 1cm 감소하고 변동계수는 17% 감소하였으며 단순운동그룹(OEG)은 무게중심 범위 차이가 2cm, 변동성은 차이를 보이지 않

았다. 또한 국면3에서 진동운동그룹(VEG)의 좌우 무게중심 범위와 변동계수는 차이가 없었으며 단순운동그룹에서는 실시 후 좌우 무게중심 범위 차이가 3cm, 변동계수는 75% 증가하였다

진동운동그룹과 단순운동그룹간의 무게중심 범위 차이는 훈련기간(pre/post)에 관계없이 좌우, 전후 방향에서 동일하게 1cm - 2cm으로 나타났으나 일관성은 보이지 않았다. 그리고 변동성은 진동운동그룹이 단순운동그룹보다 운동기간에 관계없이 대부분 크게 나타났다(전/후방향, 실시 후 P3 제외).

훈련프로그램 실시 후, 모든 운동그룹에서 좌우 변동계수가 추진<상승<하강 국면의 순이고 VEG의 전후 변동계수가 추진<상승=하강이며, OEG는 추진<상승<하강이므로 전후 변동성 역시 하강국면이 가장 크게 나타난 것은 신체가 하강 시에 공중에 위치하므로 변동성이 가장 크므로 상해 위험성 역시 큰 것으로 판단된다.

Table 3. Range of CoM in VEG and OEG (m)

		Pre		Post (4week)		
		M±SD	CV%	M±SD	CV%	
X (medio - lateral)	p1	VEG	.09±0.02	22	.10±0.03	30
		OEG	.10±0.02	20	.10±0.02	20
	p2	VEG	.07±0.03	43	.06±0.05	83
		OEG	.05±0.02	40	.05±0.02	40
	p3	VEG	.04±0.02	50	.04±0.04	100
		OEG	.02±0.01	50	.03±0.02	67
Y (antero - posterior)	p1	VEG	.01±0.01	100	.01±0.00	N/A
		OEG	.01±0.00	N/A	.01±0.00	N/A
	p2	VEG	.03±0.02	67	.02±0.01	50
		OEG	.02±0.01	50	.04±0.02	50
	p3	VEG	.02±0.01	50	.02±0.01	50
		OEG	.01±0.00	N/A	.04±0.03	75

3.1.2 점프높이

점프 높이에 대한 기술 통계량 결과는 <table 4>와 같다.

훈련프로그램 실시 전/후에서 수행 4주 후 진동운동그룹의 점프높이는 수행 전 보다 6cm 증가하였으며 변동성 역시 2% 증가하였으며 단순운동그룹 역시점프높이가 3cm 증가 하였으며 변동성 역시 4% 증가하였다. 진동운동그룹의과 단순운동그룹의 점프높이 차이는 진동운동그룹이 3cm 더 크고, 변동성은 2%로 더 작게 나타나 단순히 운동만 수행한 것 보다는 진동과 운동을 병

행하는 것이 안정적으로 점프높이를 증가시킨다고 할 수 있다.

운동프로그램 실시 전 단기간의 실험결과로 진동운동 그룹이 단순운동그룹보다 점프높이가 6cm 증가하였으며 4주 후에는 9cm 증가하였다. 이는 단기간(an acute bout) 뿐만 아니라 장기간(4주 후)진동훈련이 점프높이 향상에 기여함을 의미한다.

Table 4. Jump height of VEG and OEG (m)

		Pre		Post(4week)	
		M±SD	CV%	M±SD	CV%
Height	VEG	0.43±0.07	16	0.49±0.09	18
	OEG	0.37 ±0.06	16	0.40±0.08	20

3.1.3 하지 관절파워

진동기 사용 유무에 따른 진동운동그룹(VEG)과 단순운동그룹(OEG)의 하지관절파워 독립 t-test 결과는 <Table 5>와 같다.

모든 국면과 관절에서 단순운동그룹의 관절파워가 진동운동그룹보다 크게 나타났다. 이것은 점프높이가 진동운동그룹에서 증가한 현상과는 상이한 결과이다. 특히, 4주 훈련 후 엉덩관절 P1(굴곡)과 무릎관절 P2(신전)에서 운동그룹간의 관절파워가 통계적으로 유의한 차이를 보였으며 단순운동그룹이 진동운동그룹보다 크게 나타난 것은 드랩 시 엉덩관절과 상승 시 무릎관절 파워가 진동기 사용유무에 영향을 받으며 4주간의 훈련으로 작은 관절파워로 점프높이를 증가시킬 수 있는 효율적인 동작이 학습된 것으로 생각할 수도 있으며 본 연구에서 고려하지 못한 요인들의 영향도 있으리라 판단된다.

훈련기간에 따른 진동운동그룹과 단순운동그룹의 하지관절파워에 대한 대응 t-test결과는 <Table 6>와 같다.

훈련기간에 따른 하지관절파워는 모든 국면과 운동그룹에 관계없이 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 진동운동이 비교적 단기간에 효과를 미친다는 연구와 유사한 결과이다. 그러나 12개월간의 폐경기여성 108명을 대상으로 WBV훈련(12.5 Hz, 12mm, 주당 3회, 15분)을 수행한 결과는 요추 골밀도와 다리의 힘을 증가시켜 골다공증의 위험을 줄인다고 하였다[19]. 그러므로 WBV훈련은 단기간뿐만 아니라 장기간 훈련에도 효과가 있으며 훈련기간은 훈련효과의 중요한 요인임을 알 수 있다.

Table 5. a independent t-test of joint power in VEG and OEG (W/kg)

Joint	Phase	Group	Joint power(M±SD)	p	
hip	P1_pre	VEG	24.98±24.99	.568	
		OEG	32.49±12.08		
	P1_post	VEG	16.26±9.90	.019	
		OEG	49.52±23.40		
	P2_pre	VEG	12.76±10.70	.644	
		OEG	15.76±8.99		
P2_post	VEG	15.66±9.67	.242		
	OEG	21.87±5.23			
knee	P1_pre	VEG	14.46±12.23	.368	
		OEG	20.49±7.05		
	P1_post	VEG	15.62±10.13	.086	
		OEG	28.60±10.83		
	P2_pre	VEG	9.73±8.74	.298	
		OEG	17.37±12.61		
	P2_post	VEG	10.62±6.13	.039	
		OEG	19.08±4.62		
	ankle	P1_pre	VEG	0.91±0.47	.130
			OEG	5.60±6.20	
		P1_post	VEG	1.79±2.00	.327
			OEG	4.07±4.31	
P2_pre		VEG	1.22±0.89	.152	
		OEG	5.46±5.35		
P2_post	VEG	2.81±2.74	.497		
	OEG	4.24±3.58			

* p<.05, DoF = 8

훈련기간에 관계없이 훈련효과의 공통점은 진동기 위에서 운동을 함께 하는 것이 단지 진동운동만 하는 것보다 효과적이라는 것이다.

진동운동그룹에서 훈련 전보다 훈련 후(4주후) 관절파워는 엉덩관절에서 P1(굴곡)이 더 작게, P2(신전)는 더 크게, 무릎관절과 발목관절에서 P1과 P2가 더 크게 나타났으며, 단순운동그룹에서 훈련 전보다 훈련후(4주 후) 관절파워는 엉덩관절과 무릎관절에서 P1과 P2가 더 크게, 발목관절에서 P1과 P2가 더 작게 나타났다.

이는 4주후 진동운동그룹은 드랩 후 착지 시 엉덩관절파워를 감소시키고 무릎관절과 발목관절 크게 하여 추진을 하며, 상승국면에서는 모든 관절파워를 증가시켜 점프를 수행한다. 그런데 단순운동그룹은 추진과 상승국면에서 엉덩관절과 무릎관절파워를 증가시키고 발목관절파워는 감소시키면서 동작을 수행하였다. 이는 4주간

의 훈련이 운동그룹간 하지 관절과위를 사용하는 메커니즘을 변화시킨다고 생각된다.

Table 6. a paired t-test of joint power in pre and post (W/kg)

Joint	Pair	Group	Joint power(M±SD)		p
			Pre	Post	
hip	P1_pre/post	VEG	24.98±24.99	16.26±9.9	.319
		OEG	32.49±12.08	49.52±23.40	.081
	P2_pre/post	VEG	12.76±10.7	15.66±9.67	.057
		OEG	15.76±8.99	21.87±5.23	.343
knee	P1_pre/post	VEG	14.46±12.23	15.62±10.13	.644
		OEG	20.49±7.05	28.60±10.83	.220
	P2_pre/post	VEG	9.73±8.74	10.62±6.13	.704
		OEG	17.37±12.61	19.08±4.62	.729
ankle	P1_pre/post	OVEG	.91±.47	1.79±.2	.446
		OEG	5.60±6.20	4.07±4.31	.546
	P2_pre/post	VEG	1.22±.89	2.81±2.74	.305
		OEG	5.46±5.35	4.24±3.58	.577

* p<.05, DoF = 4

3. 결론

본 연구를 요약하면, 첫째, 무게중심의 변동성은 하강국면에서 가장 크게 나타나 점프 후 착지 시 상해위험성이 크게 나타났다. 둘째, 진동운동그룹은 훈련기간에 관계없이 단순운동그룹보다 점프높이가 증가하였다. 셋째, 운동그룹간의 관절과위가 4주 훈련 후 엉덩관절 P1(굴곡)과 무릎관절 P2(신전)에서 통계적으로 유의한 차이를 보였으나 훈련기간에 따른 하지관절과위는 모든 국면과 운동그룹에 관계없이 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

결론적으로 훈련기간에 관계없이 진동과 운동을 병행한 진동운동그룹이 운동만을 수행한 단순운동그룹보다 점프높이에 증가를 가져왔으나 점프높이와 하지관절과위의 일관성 규명할 수 없었다. 또한 향후 실험 대상자들의 수와 트레이닝 기간을 확대한 연구가 필요한 것으로 사료된다.

References

[1] M. J. Jordan, S. R. Norris, D. J. Smith, W. Herzog,

“Vibration training: an overview of the area, training consequences, and future considerations,” *Journal of strength and conditioning research*, vol. 19, no. 2, pp. 459, 2005.

DOI: <https://doi.org/10.1519/13293.1>

[2] M. Cardinale, R. L. Soiza, J. B. Leiper, A. Gibson, W. R. Primrose, “Hormonal responses to a single session of wholebody vibration exercise in older individuals,” *British journal of sports medicine*, vol. 44, no. 4, pp. 284-288, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.043232>

[3] C. Bosco, M. Iacovelli, O. Tsarpela, M. Cardinale, M. Bonifazi, J. Tihanyi, A. Viru, “Hormonal responses to whole-body vibration in men,” *European journal of applied physiology*, vol. 81, no. 6, pp. 449-454, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s004210050067>

[4] B. Wirth, S. Zurfluh, R. Muller, “Acute effects of whole-body vibration on trunk muscles in young healthy adults,” *J Electromyogr Kinesiol*, vol. 21, no. 3, pp. 450-457, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2010.12.007>

[5] K. Lienhard, J. Vienneau, S. Nigg, O. Meste, S. S. Colson, B. M. Nigg, “Relationship between lower limb muscle activity and platform acceleration during whole-body vibration exercise,” *The Journal of Strength & Conditioning Research*, vol. 29, no. 10, pp. 2844-2853, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000927>

[6] M. Cardinale, J. Lim, “The acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance,” *Medicina Dello Sport*, vol. 56, no. 4, pp. 287-292, 2003.

[7] K. Kersch-Schindl, S. Grampp, C. Henk, H. Resch, E. Preisngel, V. Fialka-Moser, H. Imhof, “Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume,” *Clin Physical*, vol. 21, no. 3, pp. 377 - 382, 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2281.2001.00335.x>

[8] D. J. Cochrane, S. R. Stannard, A. J. Sargeant, J. RittVEGer, “The rate of muscle temperature increase during acute whole-body vibration exercise,” *Eur J Appl Physical*, vol. 103, no. 4, pp. 441-448, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0736-4>

[9] J. M. McBride, J. L. Nuzzo, A. M. Dayne, M. A. Israetel, D. C. Nieman, N. T. Triplett, “Effect of an acute bout of whole body vibration exercise on muscle force output and motor neuron excitability,” *The Journal of Strength & Conditioning Research*, vol. 24, no. 1, pp. 184, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31819b79cf>

[10] M. Cardinale, C. Bosco, “The use of vibration as an exercise intervention. Exercise and sport sciences reviews”, vol. 31, no. 1, pp. 3-7, 2003.
DOI: <https://doi.org/10.1097/00003677-200301000-00002>

[11] I. Vieira, O. Fernandes, A. Raimundo, J. A. Parraca, N. Batalha, P. Tomas-Carus, “Effects of whole body vibration exercise on muscle strength and dynamic balance on elderly people” 2017.

[12] D. B. Jepsen, K. Thomsen, S. Hansen, N. R. Jørgensen, T. Masud, J. Ryg, “Effect of whole-body vibration exercise in preventing falls and fractures: a systematic

review and meta-analysis,” *BMJ open*, vol. 7, no. 12, e018342, 2017.

DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-018342>

- [13] J. H. Oh, S. R. Kang, J. Y. Min, T. K. Kwon, “The Effect in the Muscle Function Following 8-Week Dead-lift training with Whole-body Vibration in Rehabilitation for Sports Players,” *Korean Journal of Sport Biomechanics*, vol. 25, no. 3, pp. 343-351, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5103/KJSB.2015.25.3.343>
- [14] Z. Lai,, X. Wang, S. Lee, X. Hou, L. Wang, “Effects of whole body vibration exercise on neuromuscular function for individuals with knee osteoarthritis: study protocol for a randomized controlled trial,” *Trials*, vol. 18, no. 1, pp. 437, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13063-017-2170-6>
- [15] Y. W. Kim, “The effects of lower extremity asymmetry on performance of vertical jumping,” *Korean Journal of Sport Biomechanics*, vol. 18, no. 1, pp. 179-190, 2008. DOI: <https://doi.org/10.5103/KJSB.2008.18.1.179>
- [16] D. Verniba, J. D. Vescovi, D. A. Hood, W. H. Gage, “The analysis of knee joint loading during drop landing from different heights and under different instruction sets in healthy males,” *Sports medicine-open*, vol. 3, no. 1, p.6, 2017.
- [17] J. L. McNitt-Gray, “Kinetics of the lower extremities during drop landings from three Heights,” *Journal of Biomechanics*, vol. 26, no. 9, pp. 1037-1046, 1993. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(05\)80003-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(05)80003-X)
- [18] E. Ogger, G. Pagnacco, D. R. Morr, S. Z. Barnes, N. Berme, “The mechanics of drop landing in a flat surface-a Preliminary study,” *Biomedical Sciences Instrumentation*, vol. 33, pp. 53-58, 1997.
- [19] S. Von Stengel, W. Kemmler, M. Bebenek, K. Engelke, WA. Kalender, “Effects of whole-body vibration training on different devices on bone mineral density,” *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 43, no. 6, pp. 1071-1079, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318202f3d3>

장 영 관(Yong-Kwan Jang)

[정회원]



- 1990년 2월 : 한양대학교 일반 학원 산업공학과 (산업공학석사)
- 1996년 8월 : 한양대학교 일반 학원 산업공학과 (산업공학박사)
- 1996년 9월 ~ 현재 : 강원대학교 산업경영공학과 교수

<관심분야>

물류정보시스템, MIS, ERP, SCM, 인간공학

김 진 현(Jin-Hyun Kim)

[정회원]



- 2008년 8월 : 제주대학교 교육대학원 (체육교육전공 석사)
- 2012년 2월 : 제주대학교 일반대학원 체육학과 (체육학박사)
- 2014년 9월 ~ 현재 : 제주국제대학교 스포츠학부 조교수

<관심분야>

스포츠 과학, 스포츠 재활, 운동역학

홍 수 연(Su-Yeon Hong)

[정회원]



- 2009년 2월 : 서울여자대학교 일반 대학원 체육학과 (운동역학석사)
- 2015년 2월 : 국민대학교 일반대학원 체육학과 (스포츠이학박사)
- 2015년 3월 ~ 2017년 3월 : 강원대학교 산학협력단 연구원
- 2017년 7월 ~ 현재 : ㈜인터오션 스포츠공학실 선임연구원

<관심분야>

스포츠 공학, 스포츠재활, 운동역학